



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 40 26 022 A 1**

(51) Int. Cl. 5:

A 61 N 5/06

// H01J 61/20

DE 40 26 022 A 1

- (21) Aktenzeichen: P 40 26 022.4
- (22) Anmeldetag: 17. 8. 90
- (23) Offenlegungstag: 20. 2. 92

(71) **Anmelder:**

Mutzhas, Maximilian Friedrich, Prof. Dr.-Ing., 8000
München, DE

(72) **Erfinder:**

gleich Anmelder

(56) **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:**

DE	37 37 605 A1
DE	37 34 852 A1
DE	37 31 841 A1
DE	37 29 711 A1
DE	35 44 800 A1
DE	30 32 741 A1
DE	26 16 892 A1
DE	26 09 273 A1
DE	25 37 855 A1
DE	89 14 009 U1
DD	1 49 020
AT	3 68 891
EP	00 23 311 A1
WO	85 00 527 A1

DE-Buch: SCHRÖPL, F.: Die Phototherapie
Umschau-Verlag Frankfurt/M., j1981;

(54) **UV-Bestrahlungsgerät zur Phototherapie der Neurodermitis**

(57) Die Erfindung betrifft ein UV-Bestrahlungsgerät zur Phototherapie der Neurodermitis. Das photobiologisch wirksame UV-Emissionsspektrum liegt zwischen 350 und 400 nm, wobei der Spektralanteil zwischen 250 und 350 nm weniger als 1% der gesamten, zwischen 250 und 400 nm abgestrahlten UV-Strahlung beträgt.

DE 40 26 022 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein UV-Bestrahlungsgerät zur Phototherapie der Neurodermitis, dessen photobiologisch wirksames Emissionsspektrum zwischen 350 und 400 nm liegt.

Etwa 3% der Bevölkerung leiden an Neurodermitis, einer Krankheit die auch als atopische Dermatitis, atopisches Ekzem, endogenes Ekzem und atopische Neurodermitis bezeichnet wird. Bei der Neurodermitis handelt es sich um eine chronische, in Schüben verlaufende, mit Hautekzemen und unerträglichem Juckreiz einhergehende Krankheit. Ursache sind erhebliche Veranlagung sowie immunologische Fehlfunktionen.

Die einzige schulmedizinisch anerkannte Therapie der akuten Neurodermitis ist die Behandlung mit Kortisonpräparaten (Kortikosteroide), die sowohl als Salben wie auch in Form von Injektionen und Tabletten verabreicht werden. Bei wiederholter Kortisonanwendung treten Nebenwirkungen auf, wie Atrophie der Oberhaut, Teleangiektasien, Kortisonakne, Superinfektionen, Aufschwemmung des Zellgewebes, Wachstumsstörungen, Osteoporose usw.

Phototherapien üblicher Art in deren Strahlungsbereich UV-B (280–320 nm), UV-A2 (320–340 nm), UV-A1 (340–400 nm) sowie Licht und Infrarot enthalten waren, zeigten nur wechselhafte Erfolge, ebenso wie die Photochemotherapie mit Psoralen (PUVA). Deshalb kommt diesen Therapien nur eine begrenzte Bedeutung zu, sie werden als begleitende Therapie zur Kortisonbehandlung eingesetzt.

Des weiteren finden noch Diät-, Klima- und Psychotherapien Anwendung; diese zählen jedoch nicht zu den schulmedizinisch anerkannten Behandlungsmethoden.

Im Krankheitsbild der Neurodermitis unterscheidet man das akute, das subakute und das chronische Stadium. Im akuten Stadium werden Kortisonpräparate (Kortikosteroide) eingesetzt, im subakuten und chronischen Stadium finden auch UV-A-Bestrahlungen in Verbindung mit Medikamenten und Bädern Verwendung, nicht jedoch als alleinige Therapieform, als Monotherapie (TW Dermatologie 20, 2, März/April 1990, S. 122, Tabelle 1).

Zwar wurden Anfang 1990 einige Einzelfälle publiziert, in denen Patienten ohne ärztliche Aufsicht ihre Neurodermitis mit "UV-A1-Bräunern" therapierten, es fehlten jedoch Angaben über Krankheitsstadium, Score, Spektralverteilung, Bestrahlungsstärke, Dosis, Therapiefrequenz usw.

Kurz vor dem Anmeldungstag wird in einer Firmendruckschrift ein Bestrahlungsgerät beschrieben, das mit 5 Metall-Halogendampf-Strahlern mit je 400 W bestückt ist, die in Einzelreflektoren montiert sind. Dieses Gerät ist mit einem Blaufilter bestückt und gibt Strahlung im Bereich von 315 bis 420 nm ab (Spektralanteil zwischen 250 und 350 nm > 1% der gesamten, zwischen 250 und 400 nm abgestrahlten UV-Strahlung) und soll für die Therapie der Neurodermitis verwendet werden. Auch hier fehlen Angaben über Bestrahlungsstärke, Dosis, Bestrahlungsfrequenz sowie der klinische Nachweis der Wirksamkeit.

Somit ist davon auszugehen, daß die Fachwelt zum Zeitpunkt der Patentanmeldung zwar vermutete, daß ein bestimmter Bereich der UV-Strahlung zur Therapie der Neurodermitis genutzt werden kann. Es war jedoch unbekannt, wie die Spektralverteilung, Bestrahlungsstärke und Dosis beschaffen sein müssen, um eine erfolgreiche Monotherapie (auch der akuten) Neuroder-

mitis durchzuführen.

Durch aufwendige Experimente (in vitro, in vivo am Tiermodell und am Menschen) und grundlegende theoretische Untersuchungen ergeben sich folgende neue Erkenntnisse in Bezug auf die Phototherapie der Neurodermitis:

Quanten im Spektralbereich von 350–440 nm werden in Hautzellen absorbiert und lösen dort über photobiologische Reaktionen die Entstehung löslicher Mediatoren aus. Bei entsprechend hoher Dosierung der Strahlung erreichen die Mediatoren eine so hohe Konzentration, daß sie biologisch wirksam werden. Diese biologischen Wirkungen können nun entweder in dieser Hautzelle selbst erfolgen, oder in benachbarten Hautzellen anderer Typs, wenn die Mediatoren durch die Zellmembran diffundieren. Insoweit handelt es sich um lokale Vorgänge.

Wandern die Mediatoren über die Zellmembran in Gewebspalten aus, so können sie über das Lymphsystem bzw. über den Blutkreislauf systemisch wirken.

Durch die Mediatoren wird die Genese der Leukozyten- und Lymphozyten-Subpopulationen beeinflußt. Diese wiederum können entweder direkt wirksam werden oder ihrerseits über Freisetzung von Mediatoren z. B. die Antikörperpegel beeinflussen. Zudem zeichnet sich die Strahlung im Bereich von 350–440 nm durch eine vergleichsweise große Eindringtiefe aus, so daß auch eine direkte Beeinflussung immunkompetenter Zellen in der Dermis sowie im peripheren Blut möglich ist.

Werden Quanten im Spektralbereich von 350–440 nm von Blutzellen absorbiert, so können auch diese lösliche Mediatoren bilden, die wiederum durch die Zellmembran austreten.

Sowohl Mediatoren als auch Blutzellen können vom peripheren Blutkreislauf in die Haut infiltrieren, um dann dort immunologische Effekte auszulösen.

Eine wesentliche, neue Erkenntnis ist, durch die Einwirkung hochdosierter Strahlung im Bereich von 350–440 nm werden humorale und zelluläre Immunreaktionen ausgelöst, die ihrerseits die biochemischen Ursachen für den Juckreiz und das Nicht-Abheilen der Ekzeme beseitigen.

Die Strahlung im Spektralbereich unterhalb von 350 nm führt zu Veränderungen in der Struktur der DNS (z. B. Pyrimidindimere, 6–4 Photoprodukte) und löst die Bildung andersartiger Mediatoren aus, deren immunologische Wirkungen anders, teilweise sogar gelegentlich sind. Je näher die Strahlung an 300 nm heranrückt, desto wirksamer wird sie; im Bereich von 313 nm genügen bereits Bruchteile eines Prozentes (bezogen auf die Strahlung im Bereich von 350–440 nm), um die Wirkungen der Strahlung von 350–440 nm auszulösen bzw. umzukehren.

Jedoch auch Strahlung oberhalb von 440 nm, speziell bis 460 nm, führt zu Veränderungen in der Struktur der DNS (z. B. Strangbrüche) und löst die Bildung von Mediatoren aus, deren Wirkung anders, teilweise sogar gelegentlich zu den durch Strahlung von 350–440 nm erzeugten Mediatoren sind.

Eine wesentliche, neue Erkenntnis ist, schon geringe Verunreinigungen durch kürzer- oder längerwellige Spektralbereiche können den Therapieerfolg der hochdosierten Strahlung im Bereich von 350–440 nm auslösen.

Dies ist auch der Grund, warum bisher Monotherapien mit gemischter UV-Strahlung (UV-B, UV-A2, UV-A1) praktisch erfolglos waren.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein medizinisches Bestrahlungsgerät zu entwickeln, das eine Phototherapie der Neurodermitis ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein zur Phototherapie der Neurodermitis bestimmtes medizinisches UV-Bestrahlungsgerät gelöst, dessen photobiologisch wirksames Emissionsspektrum zwischen 350 und 400 nm liegt, wobei der Spektralanteil zwischen 250 und 350 nm weniger als 1%, vorzugsweise weniger als 0,5%, vorzugsweise weniger als 0,2% der gesamten, zwischen 250 und 400 nm abgestrahlten UV-Strahlung beträgt.

Bisher in der Fachwelt bestehenden Widersprüche ließen sich nun durch die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden, aufwendigen photobiologischen Analysen und eingehenden Experimente aufklären. Dabei stellte sich überraschend heraus, daß der Bereich der UV-Strahlung unterhalb von 350 nm (d. h. der Bereich zwischen 250 und 350 nm) negative Auswirkungen auf die Therapie hat, während das langwellige UV-A, dessen Bereich oberhalb von 350 nm liegt, eine erfolgreiche Phototherapie der Neurodermitis als Monotherapie ermöglicht.

Neben dieser positiven Wirkung sind auch die möglichen Nebenwirkungen in Betracht zu ziehen. Dabei geht es im wesentlichen um akute und chronische Wirkungen auf die Haut, da diese als Empfängerorgan verwendet wird. Akute Nebenwirkungen sind Erythem sowie phototoxische und photoallergische Reaktionen. Chronische Nebenwirkungen sind Photokarzinogenese sowie aktinische Elastose. Im Bereich oberhalb von 350 nm haben die vorher erwähnten Nebenwirkungen ein Minimum. Die einzige klinisch feststellbare Nebenwirkung bei der Bestrahlung im Wellenlängenbereich oberhalb von 350 nm ist eine Hautpigmentierung, die jedoch von Patienten als positiv bewertet wird.

Der Erfindung liegt damit die Erkenntnis zugrunde, daß für die Phototherapie der Neurodermitis die Ultraviolet-Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 400 nm am günstigsten ist. Diese Strahlung kann lokal und/oder systematisch wirken.

Die dabei gebildete wirksame biologische Materie kann sowohl zu aktiver als auch zu passiver Immunisierung bzw. Krebshemmung benutzt werden. Der unterhalb von 350 nm liegende Strahlungsanteil führt demgegenüber nicht nur zu unerwünschten Nebenwirkungen, sondern vermindert gleichzeitig die therapeutische Wirkung der Strahlung oberhalb von 350 nm. Er kann somit zu einer Umkehrung des gewünschten therapeutischen Effektes führen.

Die therapeutische Wirksamkeit des Bestrahlungsgerätes hängt im wesentlichen von der verabreichten Strahlungsdosis ab. Diese wiederum läßt sich als Produkt aus Bestrahlungsstärke mal Bestrahlungszeit dann günstiger applizieren, wenn die Bestrahlungsstärke in der Nutzebene entsprechende Werte annimmt. Unterhalb und oberhalb bestimmter Grenzwerte läßt sich keine vernünftige photobiologische Wirkung erzielen. Ist die Untergrenze zu niedrig, dauert es zu lange, bis die erwünschte Wirkung eintritt. Ist die Obergrenze zu hoch, kann es durch Überhitzung zu Störungen im biologischen System kommen. Bei der Bestrahlung von Menschen liegt die Schmerzgrenze bei der Hauttemperatur von ca. 41°C. Würde diese Temperatur durch zu hohe Bestrahlungsstärke überschritten, sind geeignete Kühlungsmaßnahmen notwendig, wie Luftkühlung durch Gebläse oder Wasserkühlung. Letztere kann durch Besprühen oder durch Unterwasserbehandlung erfolgen, wobei in diesen Fällen durch die Wassersätti-

gung des Stratum Corneum eine verbesserte Transmission der Epidermis erzielt wird. Die Bestrahlungsstärke in der Nutzebene im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 400 nm liegt deshalb zwischen 400 und 2000 Watt/m², vorzugsweise zwischen 600 und 2000 Watt/m², vorzugsweise zwischen 700 und 2000 Watt/m², weiterhin vorzugsweise zwischen 800 und 2000 Watt/m².

Die an das Ultraviolett angrenzende sichtbare Strahlung im Bereich des Violetten zwischen 400 und 440 nm trägt ebenfalls zu dieser therapeutischen Wirkung bei. Ihr Anteil in der Nutzebene soll deshalb im Wellenlängenbereich zwischen 400 und 440 nm höchstens 50%, vorzugsweise höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10% der Bestrahlungsstärke zwischen 350 und 400 nm betragen. Wird die Bestrahlungsstärke im Bereich zwischen 400 und 440 nm zu hoch, so entsteht auch die nachteilige Wirkung, daß die strahlungsbedingte Energiebelastung für den Organismus nicht mehr tolerierbar ist.

Strahlung oberhalb von 440 nm trägt nicht mehr signifikant zu dieser therapeutischen Wirkung bei, deshalb soll sie begrenzt werden. So soll die in der Nutzebene vorhandene Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 440 und 800 nm höchstens 150%, vorzugsweise höchstens 75%, vorzugsweise höchstens 10%, weiterhin vorzugsweise höchstens 5% der Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 400 nm betragen.

Strahlung oberhalb von 800 nm führt in entsprechend hoher Dosierung zu Hautkarzinomen und zu aktinischer Elastose. Sie trägt zur therapeutischen Wirkung nichts bei, deshalb soll im speziell das kurz- und mittelwellige Infrarot begrenzt werden, so daß die in der Nutzebene vorhandene Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von 800 bis 3000 nm höchstens 50%, vorzugsweise höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10%, weiterhin vorzugsweise höchstens 5% der Bestrahlungsstärke zwischen 350 und 400 nm beträgt.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung dienen folgende Beispiele mit am Prioritätstage auf dem Markt erhältlichen Strahlungsquellen, Reflektoren, Filtern und Filtersubstanzen.

Beispiel 1

Strahlungsquelle:

10 Metall-Halogendampf-Strahler à 400 W, deren wesentliches Halogenid Eisenjodid ist.

Filter:

50 Polycarbonat 2 mm Dicke mit 2% Filtersubstanz UVA-SUN 105.

Bestrahlungsstärke:

250 – 350 nm: 4,1 W/m²

350 – 400 nm: 400 W/m²

400 – 440 nm: 168 W/m²

440 – 800 nm: < 20 W/m²

800 – 3000 nm: < 20 W/m²

Beispiel 2

Strahlungsquelle:

3 Metall-Halogendampf-Strahler à 4000 W, deren wesentliches Halogenid Eisenjodid ist.

Filter:

Gehärtete Glasplatte 5 mm Dicke sowie Schott-Glasfilter UG 1 (2 mm), überzogen mit 0,1 mm Acryllackschicht, die 8% Filtersubstanz UVASUN 104 enthält.

Bestrahlungsstärke:

250—350 nm: 4,2 W/m²
 350—400 nm: 600 W/m²
 400—440 nm: 90 W/m²
 440—800 nm: < 100 W/m²
 800—3000 nm: < 100 W/m²

Beispiel 3**Strahlungsquelle:**

1 Metall-Halogendampf-Strahler à 4000 W, dessen wesentliches Halogenid Eisenjodid ist.

Filter:

Acrylglasplatte 6 mm Dicke, mit 1% Filtersubstanz UVASUN 112, sowie DESAG Glasfilter UVISOL, 3 mm Dicke und Schott-Glasfilter KG 1,6 mm Dicke.

Bestrahlungsstärke:

250—350 nm: 3,3 W/m²
 350—400 nm: 500 W/m²
 400—440 nm: 75 W/m²
 440—800 nm: < 25 W/m²
 800—3000 nm: < 25 W/m²

Dieses erfindungsgemäße Bestrahlungsgerät strahlt durch eine UV-durchlässige Acrylglas-Abdeckung in das Innere eines Inkubators, in dem sich ein an Neurodermitis leidender Säugling befindet.

Beispiel 4**Strahlungsquelle:**

5 Metall-Halogendampf-Strahler à 4000 W, deren wesentliches Halogenid Eisenjodid ist.

Filter:

Acrylglasplatte 6 mm Dicke mit 1% Filtersubstanz UVASUN 112, sowie DESAG-Glasfilter UVISOL, 3 mm Dicke und Schott-Glasfilter KG 1,6 mm Dicke.

Bestrahlungsstärke:

250—350 nm: 5 W/m²
 350—400 nm: 750 W/m²
 400—440 nm: 110 W/m²
 440—800 nm: < 40 W/m²
 800—3000 nm: < 40 W/m²

Beispiel 5**Strahlungsquelle:**

8 Metall-Halogendampf-Strahler à 4000 W, deren wesentliches Halogenid Eisenjodid ist.

Filter:

Acrylglasplatte 6 mm Dicke mit 1,6% Filtersubstanz UVASUN 112 sowie Schott-Glasfilter UG 1,2 mm Dicke und Schott-Glasfilter KG 1,6 mm Dicke.

Bestrahlungsstärke:

250—350 nm: 1 W/m²
 350—400 nm: 1200 W/m²
 400—440 nm: 180 W/m²
 440—800 nm: < 60 W/m²
 800—3000 nm: < 60 W/m²

In den Beispielen 1 bis 5 enthält das Bestrahlungsgerät eloxierte Aluminium-Reflektoren sowie ein Luftkühlungssystem, um Strahler, Filter und Reflektoren auf der optimalen Temperatur zu halten.

Die ausgewiesenen UVASUN Filtersubstanzen und

Farbstoffe sind Produkte der Mutzhas Produktions-GmbH München.

In den Beispielen 1 bis 5 beziehen sich die Bestrahlungsstärkewerte auf die Hautoberfläche. Sämtliche 5 Beispiele beziehen sich auf Ganzkörper-Bestrahlungsgeräte, da hierbei die therapeutischen Effekte höher sind als bei Teilkörper-Bestrahlungsgeräten.

Durch Erhöhung der Konzentration der Filtersubstanzen in den entsprechenden Substraten kann der Anteil der Strahlung unterhalb von 350 nm praktisch vollständig eliminiert werden, dies geht jedoch wegen der endlichen Kantensteilheit mit einer Verminderung der Bestrahlungsstärke im Bereich von 350 bis 400 nm einher.

Zur weiteren Erläuterung des mit dem erfindungsgemäßen UV-Bestrahlungsgerät erzielten therapeutischen Effektes sei folgendes Behandlungsbeispiel angeführt: Es wurden Ganzkörper-Phototherapien mit erfindungsgemäßen Bestrahlungsgeräten durchgeführt, wobei fünf bis zwanzig Bestrahlungen innerhalb von zwei bis drei Wochen mit jeweils 15 bis 60 min Bestrahlungszeit durchgeführt wurden. Die Bestrahlungsstärke betrug 200 bis 1200 Watt · m⁻² im Bereich von 350 bis 400 nm, wobei die im Bereich von 350 bis 400 nm verabreichte Einzeldosis zwischen 180 000 und 4 320 000 J · m⁻² betrug und die Gesamtdosis der Therapieserie zwischen 900 000 und 86 400 000 J · m⁻² lag.

So wurden in einer Versuchsreihe Neurodermitiker mit einem erfindungsgemäßen Bestrahlungsgerät (Beispiel 4) 15 mal innerhalb von 3 Wochen jeweils knapp 60 min lang behandelt. Die UV-Dosis (350—400 nm) pro Körperhalbseite bei jeder Behandlung war 1 300 000 J · m⁻², die UV-Bestrahlungsstärke (350—400 nm) auf der Hautebene lag bei etwa 750 W · m⁻² (350—400 nm : etwa 860 W · m⁻²). Bereits nach der 6. Behandlung konnte eine Reduktion der Symptome, des Gesamt-Scores (Acta Derm. Venerol 61 : 41—45, 1989) um 50% festgestellt werden, nach 10 bis 15 Behandlungen waren die Patienten praktisch beschwerdefrei.

Aufgrund der spektralen Zusammensetzung der Strahlung im Bereich von 350—440 nm sind selbst bei diesen hohen Dosen keine akuten (Sonnenbrand, Sonnenbrandzellen, DNS-Schäden) und chronischen (Photokarzinogenese, aktinische Elastose) Hautschädigungen festzustellen.

Der Behandlungserfolg ist auf die spektrale Zusammensetzung und die Dosis zurückzuführen; die einzige beobachtete Nebenwirkung war eine Hautpigmentierung, die von den Patienten positiv bewertet wurde.

Der Therapieerfolg der mit dem erfindungsgemäßen UV-Bestrahlungsgerät in einer kontrollierten, randomisierten Studie erzielt wurde, ist dem der Kortisontherapie gleichzusetzen; er lässt sich jedoch ohne die unerwünschten Nebenwirkungen der Kortisontherapie erzielen.

Eine Phototherapie üblicher Art, in deren UV-Spektrum UV-B (280—320 nm), UV-A2 (320—340 nm), UV-A1 (340—400 nm) enthalten war, diente bei der vorher erwähnten Studie als Kontrollgruppe. Diese übliche Phototherapie war weitgehend wirkungslos.

Im Falle der passiven Immunisierung lässt sich entweder durch die Bestrahlung von Menschen oder durch die Bestrahlung von Tieren die in diesen entstehende biologisch wirksame Materie gewinnen. Diese kann, gegebenenfalls entsprechend konzentriert, durch Injektionen, orale oder topische Gaben appliziert werden. Diese zur Neurodermitis-Therapie einsetzbare Materie kann aus Seren (Blut, Lymphe etc.) bzw. aus Zellen gewonnen

werden. Im Falle der Bestrahlung von Menschen und Tieren zur Gewinnung dieser Materie haben sich Ganzkörperbestrahlungen als besonders wirksam erwiesen. Wird diese Materie aus Tieren gewonnen, so ist die Wirksamkeit deutlich erhöht, wenn deren Haut kein Feder- oder Haarkleid trägt, da beide das Eindringen der wirksamen Strahlung in die lebende Materie verhindern.

Geeignet für diese Zwecke sind haarlose Züchtungen, wie sie bei Mäusen bereits zur Verfügung stehen und wie sie über genetische Manipulation auch bei anderen Wirbeltieren gezüchtet werden können.

Durch extrakorporale Blutbestrahlung mit dem erfindungsgemäßen UV-Bestrahlungsgerät läßt sich die Neurodermitis phototherapieren, außerdem läßt sich dadurch — sowie durch in vitro Bestrahlung (z. B. von Zellkulturen) diese therapeutisch wirksame Materie ebenfalls gewinnen.

Das erfindungsgemäße Bestrahlungsgerät läßt sich wie bei der Phototherapie der Neurodermitis auch zur Behandlung von allergischen Erkrankungen (z. B. atopische Allergien) und zur Behandlung von rheumatischen Erkrankungen erfolgreich einsetzen.

Patentansprüche

25

1. UV-Bestrahlungsgerät, dessen photobiologisch wirksames Emissionsspektrum zwischen 350 und 400 nm liegt, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) Das Bestrahlungsgerät ist zur Phototherapie der Neurodermitis bestimmt;
- b) Der Spektralanteil zwischen 250 und 350 nm beträgt weniger als 1%, vorzugsweise weniger als 0,5%, vorzugsweise weniger als 0,2%, der gesamten, zwischen 250 und 400 nm abgestrahlten UV-Strahlung.

2. Bestrahlungsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Nutzebene vorhandene Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 400 nm zwischen 400 und 2000 W · m⁻², vorzugsweise zwischen 500 und 2000 W · m⁻², vorzugsweise zwischen 600 und 2000 W · m⁻², weiterhin vorzugsweise zwischen 700 und 2000 W · m⁻² beträgt.

3. Bestrahlungsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Nutzebene vorhandene Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 400 und 440 nm höchstens 50%, vorzugsweise höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10% der Bestrahlungsstärke zwischen 350 und 400 nm beträgt.

4. Bestrahlungsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Nutzebene vorhandene Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 440 und 800 nm höchstens 150%, vorzugsweise höchstens 75%, vorzugsweise höchstens 10%, vorzugsweise höchstens 5% der Bestrahlungsstärke zwischen 350 und 400 nm beträgt.

5. Bestrahlungsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Nutzebene vorhandene Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 800 und 3000 nm höchstens 50%, vorzugsweise höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10%, vorzugsweise höchstens 5% der Bestrahlungsstärke zwischen 350 und 400 nm beträgt.

— Leerseite —